

DISPOSITIF DE PRELEVEMENT EN OPTIQUE INTEGREE ET SON
PROCEDE DE REALISATION

DESCRIPTION

5 DOMAINE TECHNIQUE

La présente invention concerne un dispositif de prélèvement en optique intégrée ainsi que le procédé de réalisation de cet élément.

L'invention trouve des applications dans
10 tous les domaines nécessitant le prélèvement d'une onde lumineuse par exemple pour mesurer et/ou contrôler les caractéristiques de l'onde. L'invention s'applique particulièrement bien au domaine des amplificateurs optiques pour prélever une onde lumineuse en entrée
15 et/ou en sortie d'un amplificateur optique ou encore dans le domaine des filtres spectraux.

ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE

Actuellement pour prélever une onde
20 lumineuse, on utilise généralement un coupleur ou un diviseur.

Le coupleur est paramétré pour prélever, une partie d'une onde lumineuse véhiculée par un guide d'onde, tandis que le diviseur est paramétré pour
25 diviser l'onde lumineuse initiale en parts déterminées.

La figure 1 illustre schématiquement par un synoptique, un filtre linéaire associé à un dispositif de prélèvement selon l'art antérieur pour le contrôle
30 spectral du filtrage.

Sur cette figure est représentée une source 2, émettant une onde lumineuse E d'intensité I_0 dans une bande spectrale fine assimilée à une longueur d'onde unique. Un dispositif de prélèvement 4 (un coupleur par exemple) reçoit ce signal d'intensité I_0 ,
5 prélève une partie I_1 , avec un taux de prélèvement γ et transmet à un filtre linéaire 8, un signal d'intensité I_0' . Le signal de sortie du filtre présente une intensité I_2 telle que le rapport entre le signal I_2
10 issu du filtre et le signal prélevé I_1 s'exprime de la façon suivante :

$$I_2/I_1 = \frac{1-\gamma}{\gamma} \times (a \times d\lambda + t_m)$$

où $d\lambda = \lambda - \lambda_m$ pour un filtre 8 de pente a autour d'une
15 longueur d'onde centrale λ_m et de valeur t_m à cette longueur d'onde.

Le signal I_2 mesuré en sortie du filtre est donc proportionnel à la longueur d'onde d'émission. Si cette dernière change, on peut par exemple corriger
20 cette variation en asservissant un contrôle de la position spectrale de la source sur la mesure précédente.

Bien que satisfaisant à certains égards, ces dispositifs comportent un élément de prélèvement et
25 un élément de filtrage séparés ce qui induit des pertes et complexifie le système complet.

Par ailleurs, dans le domaine des filtres, on sépare généralement une onde lumineuse incidente en deux composantes dont une est transmise et l'autre pas,
30 sur des intervalles spectraux distincts, à la sortie du

composant. Or, pour certaines applications, il peut être intéressant de mesurer et/ou contrôler aussi la part de l'onde non transmise.

Dans le domaine des fibres optiques, pour
5 récupérer la part de l'onde non transmise, il est connu de disposer un élément de détection, en bordure de la gaine optique. On peut se reporter à ce sujet au brevet WO/0216979.

10 La figure 2 illustre schématiquement un exemple de ce type dans le cas d'un filtre à fibre optique formé par un réseau longue période.

La figure 2 est une coupe partielle d'une fibre optique 1, comportant un cœur 3, une gaine
15 optique 5 entourant le cœur et un réseau 7 réalisé dans une partie du cœur 3.

Cette coupe est dans un plan contenant la direction z de propagation de l'onde lumineuse dans le cœur.

20 Le réseau 7 permet de créer une zone d'interaction entre le cœur et la gaine et coupler dans la gaine, une partie C (appelée onde couplée) d'une onde lumineuse initiale E. L'onde couplée C dans la gaine est schématiquement représentée par des flèches.
25 En sortie de la zone d'interaction, le cœur véhicule alors la partie S de l'onde non couplée dans la gaine.

Après la zone d'interaction, un élément de détection D tel qu'un photo-détecteur est disposé en bordure de la gaine optique.

30 Dans les fibres optiques, la dépendance de construction entre le coeur et la gaine fait que

l'élément de détection ne peut être disposé qu'en périphérie de la gaine, si on ne veut pas interrompre la propagation de l'onde dans le cœur. L'axe du détecteur est alors perpendiculaire à la direction de propagation du signal dans la gaine. De ce fait, seule
5 une partie du signal guidé dans la gaine est détectée.

Par ailleurs, pour améliorer la détection, on peut envisager comme représenté figure 2, la réalisation d'une cavité 6 dans la gaine de la fibre
10 pour insérer le détecteur. Malgré cet aménagement, l'élément de détection ne peut détecter l'ensemble du signal guidé dans la gaine, et de plus la cavité qui doit être usinée dans la gaine, fragilise le composant.

15 EXPOSE DE L'INVENTION

La présente invention a pour but de proposer un dispositif de prélèvement en optique intégrée qui permet de pallier les problèmes de l'art antérieur.

20 En particulier, le dispositif de prélèvement selon l'invention permet de prélever une partie de l'onde lumineuse par filtrage ce qui évite les problèmes liés aux coupleurs et aux diviseurs et permet par l'utilisation d'une gaine indépendante d'un
25 cœur de guide, de récupérer sur une sortie du dispositif l'ensemble du signal prélevé.

De façon plus précise, le dispositif de prélèvement de l'invention comporte dans un substrat, un cœur de guide d'onde apte à véhiculer une onde
30 lumineuse et une gaine optique, au moins une portion de la gaine entourant au moins une portion du cœur dans

une zone dite zone d'interaction, ladite zone comportant en outre un réseau apte à coupler une partie de l'onde lumineuse dans la gaine, la partie couplée de l'onde étant dite onde couplée, l'indice de réfraction de la gaine étant différent de l'indice de réfraction du substrat et inférieur à l'indice de réfraction du cœur au moins dans la partie de la gaine voisine du cœur dans la zone d'interaction.

On entend par entourer le fait que le profil de mode fondamental du cœur du guide présente un maximum qui est inclus dans le profil d'indice de la gaine. Ainsi le profil du mode fondamental du cœur peut être tout ou partie inclus dans le profil d'indice de la gaine ce qui se traduit au niveau structurel par un cœur situé n'importe où dans la gaine y compris à sa périphérie auquel cas le cœur peut-être en partie à l'extérieur de la gaine.

La gaine du dispositif de prélèvement de l'invention est associé généralement à au moins un élément de récupération et de traitement de façon à récupérer et traiter toute ou partie de l'onde couplée. Cet élément sera dit premier élément de récupération et de traitement.

Ce premier élément de récupération et de traitement associé au dispositif de l'invention permet de récupérer puis traiter tout ou partie de l'onde couplée qui est la partie complémentaire de l'onde non couplée par rapport à l'onde initiale. La connaissance de l'onde initiale et de l'onde couplée permet de caractériser si nécessaire l'onde non couplée qui est en général la partie utile de l'onde lumineuse.

Bien entendu, ce dispositif de prélèvement peut-être associé à un deuxième élément de récupération et de traitement de façon à récupérer et traiter directement, à partir du cœur, toute ou partie de
5 l'onde non couplée

Selon l'invention, le cœur du guide présente un indice de réfraction n_c et la gaine optique présente un indice de réfraction n_g tels que $n_c > n_g$. Par ailleurs, un réseau est réalisé dans la zone
10 d'interaction pour coupler au moins un mode guidé dans le cœur, vers un ou plusieurs modes de la gaine. Les modes de gaines se propagent dans le même sens que les modes du cœur.

Le couplage entre les différents modes a
15 lieu pour une bande spectrale de longueur d'onde centrale λ_j . On entend par bande spectrale une bande présentant un ensemble de longueurs d'onde avec une longueur d'onde centrale et une largeur de bande déterminées, une onde lumineuse pouvant comporter une
20 ou plusieurs bandes spectrales.

Dans le cas particulier des réseaux longues périodes, le couplage par un réseau élémentaire entre les différents modes a lieu pour des longueurs d'onde déterminées λ_j donnée par la relation connue suivante :

25

$$\lambda_j = \Lambda \times (n_0 - n_j) \quad (1)$$

avec :

- n_0 l'indice effectif d'un mode guidé dans le cœur,

- n_j l'indice effectif du mode de gaine numéro j ,
- λ_j la longueur d'onde de résonance pour le couplage au mode j ,
- 5 - Λ la période du réseau.

D'une façon générale, le couplage se traduit par un transfert d'énergie entre le ou les modes guidés dans le cœur et le ou les modes de gaine pour les longueurs d'ondes λ_j . L'énergie couplée dans les modes de gaine se propage ensuite dans la gaine (la gaine peut-être assimilé à un guide particulier de grande taille) et l'énergie non couplée continue à se propager dans le cœur et présente un spectre de puissance avec des pertes d'énergie pour les longueurs d'ondes λ_j sur des bandes spectrales dites de filtrage.

Lorsqu'il existe un faible écart entre les indices effectifs n_0 et n_j (quelques 10^{-2} à quelques 10^{-3}) et que la gamme de longueurs d'onde concernée par le guidage optique est autour de $1,5 \mu\text{m}$, la relation (1) nous montre que les périodes des réseaux sont de l'ordre de quelques dizaines de μm à quelques milliers de μm .

La zone d'interaction permet donc de filtrer spectralement une partie de l'onde initiale. La partie filtrée dite aussi couplée ou prélevée de l'onde initiale est ensuite véhiculée par la gaine tandis que la partie non filtrée c'est-à-dire non prélevée reste dans le cœur du guide.

La réalisation du dispositif de prélèvement en optique intégrée, permet de former dans le substrat,

le cœur du guide d'onde indépendamment de la gaine et inversement.

On entend par indépendance du cœur et de la gaine, le fait qu'ils peuvent exister dans un substrat indépendamment l'un de l'autre. Autrement dit, le cœur
5 peut exister sans la gaine et la gaine peut exister sans le cœur, contrairement au cas des fibres.

L'indépendance du cœur et de la gaine permet donc plus de possibilités qu'avec les fibres
10 optiques. Ainsi, en dehors de la zone d'interaction, la gaine peut ne plus entourer le cœur ce qui permet d'avoir deux voies optiques distinctes formées respectivement par le cœur et la gaine. Ainsi la gaine n'agit sur la propagation d'une onde lumineuse dans le
15 cœur du guide associé que dans la partie qui entoure le cœur et la gaine peut guider ou véhiculer des ondes lumineuses indépendamment du cœur.

La séparation spatiale du cœur et de la gaine permet de récupérer directement ou non le signal
20 couplé sans risque d'interférence avec le signal non couplé véhiculé dans le cœur.

Le premier élément de récupération et de traitement peut ainsi être relié optiquement plus aisément à une extrémité de la gaine sans être gênée
25 par le cœur afin de récupérer tout ou partie de l'onde couplée dans la gaine suivant les applications visées.

Selon un premier mode de réalisation, le premier élément de récupération et de traitement comporte un élément optique qui peut être
30 avantageusement un élément de mesure, disposée

directement à une extrémité de la gaine pour mesurer l'onde filtrée.

Selon un deuxième mode de réalisation, le premier élément de récupération et de traitement
5 comporte une deuxième zone d'interaction et un élément optique qui peut être par exemple un élément de mesure ; la deuxième zone d'interaction est formée dans le substrat, par un deuxième cœur de guide situé dans une portion de la gaine et par un réseau apte à coupler
10 dans le deuxième cœur, l'onde couplée se propageant dans la gaine, ledit cœur étant relié optiquement en dehors de cette deuxième zone d'interaction à l'élément optique.

La gaine ne présente pas forcément une
15 structure uniforme. En particulier, la section de la gaine dans la première zone d'interaction peut-être plus importante que celle de la deuxième zone d'interaction. De ce fait, la section de la gaine entre ces deux zones d'interaction peut être variable. De
20 plus le premier et le deuxième cœurs peuvent être décentrés l'un par rapport à l'autre dans la gaine.

Les caractéristiques de la deuxième zone d'interaction sont cependant le plus souvent les mêmes que celles de la première zone d'interaction
25 puisqu'elle a pour fonction de recoupler, l'onde couplée dans la gaine, dans le deuxième cœur.

Quelque soit le premier ou le deuxième modes de réalisation, on peut disposer à une extrémité du cœur du guide, le deuxième élément de récupération
30 et de traitement, afin de récupérer et traiter tout ou partie de l'onde non couplée dans la gaine. Dans ce

mode de réalisation, le dispositif de prélèvement est donc associé à deux éléments de récupération et de traitement ce qui peut permettre de réaliser une double détection : une détection sur le signal couplé dans la gaine et une détection sur le signal non couplé.

De façon avantageuse, le premier et/ou le deuxième élément de récupération et de traitement comporte au moins un élément optique qui est par exemple un élément de mesure tel qu'un photo-détecteur ou un groupe de photodétecteurs, apte à caractériser au moins spectralement l'onde mesurée, ou un élément optique approprié à l'application visée ; cet élément optique est associé éventuellement à un élément de mise en forme telle qu'une lentille, une fibre lentillée... L'élément de mise en forme permet de collimater l'onde à mesurer sur le photo-détecteur.

Selon un troisième mode de réalisation, dans lequel le cœur et la gaine ne sont pas séparés après la zone d'interaction, le premier et le deuxième éléments de récupération et de traitement forme un seul élément de récupération et de traitement qui comporte une matrice d'éléments optiques tels que des photo-détecteurs avec éventuellement une optique d'adaptation, une partie de la matrice permettant de récupérer et éventuellement mesurer l'onde couplée et l'autre partie de la matrice permettant de récupérer et éventuellement mesurer l'onde non couplée.

En effet, grâce à l'indépendance du cœur et de gaine, on peut adapter la taille de la gaine à une matrice de détecteurs donnée ; ceci ne pouvant être fait avec les fibres optiques qui présentent en

particulier l'inconvénient d'une gaine circulaire et donc de forme mal adaptée à la forme en lignes et en colonnes de la matrice.

Les caractéristiques de la ou des zones d'interaction sont déterminées suivant la ou les bandes spectrales de l'onde que l'on souhaite prélever par couplage.

L'efficacité du couplage entre les modes dépend de la longueur du réseau et du coefficient de couplage K_{0j} entre les modes 0 et j. Ce coefficient est donné par l'intégrale de recouvrement spatiale des modes 0 et j, pondérée par le profil d'indice induite par le réseau. On a ainsi une relation du type :

$$K_{0j} \propto \iint \xi_0 \cdot \xi_j^* \cdot \Delta n_s \quad (2)$$

avec :

- ξ_0 et ξ_j les profils transversaux des modes 0 et j, et ξ_j^* le conjugué complexe de ξ_j ,
- Δn l'amplitude de la modulation d'indice effectif induite par le réseau dans un plan perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde,
- ds est un élément d'intégration dans un plan perpendiculaire à l'axe de propagation de l'onde

La modification de K_{0j} est obtenue en faisant varier le profil des modes et/ou le profil d'indice induit par le réseau, autrement dit en faisant varier les caractéristiques opto-géométrique de la gaine et/ou du cœur (dimensions, niveau d'indice, etc.)

et/ou les caractéristiques du réseau (Δn , position du réseau par rapport au cœur et à la gaine, etc.).

D'une façon générale pour modifier les caractéristiques des zones d'interaction, on peut jouer
5 sur les paramètres suivants :

- la longueur L du réseau,
- sa période Λ ,
- Δn l'amplitude de la modulation d'indice effectif induite par le réseau,
- 10 - n_{co} l'indice du cœur,
- ϕ la phase du réseau.

Selon l'invention, la gaine est créée artificiellement dans le substrat, au moins dans la ou
15 les zones d'interaction et indépendamment du cœur et du substrat.

D'une façon générale, on appellera gaine artificielle ce type de gaine et réseau à gaine artificielle, une zone d'interaction, un réseau à gaine artificielle étant appelé "artificial cladding grating"
20 (ACG) en terminologie anglo-saxonne.

Le substrat peut bien entendu être réalisé par un seul matériau ou par la superposition de plusieurs couches de matériaux. Dans ce dernier cas,
25 l'indice de réfraction de la gaine est différent de l'indice de réfraction du substrat au moins dans les couches voisines de la gaine.

De façon avantageuse, chaque gaine présente un indice de réfraction supérieur à celui du substrat.

30 Selon l'invention, le guide en optique intégrée peut être un guide planaire, lorsque le

confinement de la lumière se fait dans un plan contenant la direction de propagation de la lumière ou un microguide, lorsque le confinement de la lumière est réalisé dans deux directions transverses à la direction
5 de propagation de la lumière.

Par ailleurs, le réseau d'une zone d'interaction est formé dans le cœur du guide et/ou dans la gaine et/ou dans le substrat. Un réseau peut comporter une succession de réseaux élémentaires. Il
10 peut être périodique ou pseudo-périodique.

Ainsi, par exemple au niveau d'une gaine, plus ses dimensions et son niveau d'indice seront importants plus on aura de modes de gaines admis à se propager et plus on aura donc de bandes spectrales de
15 filtrage possibles. Cela peut être un avantage si on cherche des filtrages multiples ou pour avoir plus de marge dans le choix d'un mode de filtrage.

Si on cherche à limiter le nombre de modes de gaine pouvant être couplé, il est intéressant à
20 l'inverse de réduire les dimensions opto-géométriques de la gaine.

Au niveau du cœur, ses dimensions et son niveau d'indice conditionnent les caractéristiques du mode qui s'y propage. Par ailleurs, plus les écarts
25 d'indice entre le cœur, la gaine et le substrat seront importants et plus on aura potentiellement de chance d'avoir des couplages pour des périodes de réseaux faibles comme le montre l'équation (1) (à une longueur d'onde de résonance donnée, la période est inversement
30 liée à la différence d'indice entre le mode guidé du cœur et le mode de gaine).

En jouant sur la position du cœur, du réseau et de la gaine, on peut générer des couplages différents. En effet, on voit bien à partir de l'équation (2) que la force du couplage dépend de la position relative dans le plan transverse à l'axe de propagation des profils du mode de gaine, du mode guidé dans le coeur et du réseau.

Le dispositif de prélèvement de l'invention peut-être utilisé avec de nombreux composants optiques. Il est particulièrement intéressant dans le cas de composant de filtrage tels que des filtres linéaires ou des aplatisseurs de gain utilisés par exemple avec des amplificateurs optiques.

Dans ce cas et selon un mode de réalisation particulièrement avantageux, la zone d'interaction du dispositif de prélèvement est réalisée de façon à jouer à la fois une fonction de filtrage et une fonction de prélèvement. Les paramètres de la zone d'interaction sont donc adaptés pour la fonction de filtrage souhaitée qui peut être ou non de type évolué. Dans le cas d'un filtre de type évolué, le réseau de la zone d'interaction comporte aux moins deux réseaux élémentaires.

Ainsi, les paramètres pour chaque zone d'interaction élémentaire associée à un réseau élémentaire peuvent être choisis au moins parmi :

- la longueur L du réseau ou des réseaux élémentaires,
- la période Λ du réseau ou des réseaux élémentaires,

- le profil du réseau ou des réseaux élémentaires,
- la position du réseau ou des réseaux élémentaires dans la zone d'interaction correspondante,
- Δn l'amplitude de la modulation d'indice effectif induite par le réseau ou les réseaux élémentaires,
- ϕ la phase du réseau ou des réseaux élémentaires,
- les dimensions de la gaine qui peuvent être variables,
- les dimensions du cœur qui peuvent également être variables,
- la valeur de l'indice de réfraction de la gaine qui peut être aussi variable,
- n_{co} la valeur de l'indice du cœur dans le substrat,
- la position ou les positions du cœur dans la gaine.

Selon un mode préféré, la gaine et/ou le cœur du guide et/ou le réseau peuvent être réalisés par tous types de technique permettant de modifier l'indice de réfraction du substrat. On peut citer notamment les techniques d'échanges d'ions, l'implantation ionique et/ou le rayonnement par exemple par l'insolation laser ou la photo inscription laser ou encore le dépôt de couches.

La technologie par échange d'ions dans le verre est particulièrement intéressante mais d'autres

substrats que le verre peuvent bien entendu être utilisés tels que par exemple les substrats cristallins de type KTP ou LiNbO_3 , ou encore du LiTaO_3 .

De façon plus générale, les réseaux peuvent être réalisés par toutes les techniques permettant de changer l'indice effectif du substrat. Aux techniques précédemment citées, on peut donc rajouter notamment les techniques de réalisation de réseaux par gravure du substrat. Cette gravure peut être réalisée au-dessus de la gaine ou dans la portion de gaine des zones d'interaction et/ou éventuellement dans la portion de coeur des zones d'interaction.

Le motif du réseau peut être obtenu soit par balayage laser dans le cas de l'utilisation d'un rayonnement, soit par un masque. Ce dernier peut être le masque qui permet l'obtention du coeur et/ou de la gaine ou un masque spécifique pour la réalisation du réseau.

L'invention concerne également un procédé de réalisation d'un dispositif de prélèvement tel que défini précédemment, la gaine, le coeur du guide et le réseau étant réalisés respectivement par une modification de l'indice de réfraction du substrat de façon à ce qu'au moins dans la partie de la gaine voisine du coeur et au moins dans chaque zone d'interaction, l'indice de réfraction de la gaine soit différent de l'indice de réfraction du substrat et inférieur à l'indice de réfraction du coeur.

Selon un mode préféré de réalisation, le procédé de l'invention comporte les étapes suivantes :

- a) introduction d'une première espèce ionique dans le substrat de façon à permettre l'obtention après l'étape c) de la gaine optique,
- 5 - b) introduction d'une deuxième espèce ionique dans le substrat de façon à permettre l'obtention après l'étape c) du cœur du guide,
- c) enterrage des ions introduits aux étapes a) et b) de façon à obtenir la gaine et le cœur du guide,
- 10 - d) réalisation du réseau.

L'ordre des étapes peut bien entendu être inversé.

L'introduction de la première et/ou de la deuxième espèce ionique est réalisée de façon
15 avantageuse par un échange ionique, ou par implantation ionique.

La première et la deuxième espèces ioniques peuvent être les mêmes ou elles peuvent être différentes.

20 L'introduction de la première espèce ionique et/ou l'introduction de la deuxième espèce ionique peuvent être réalisées avec l'application d'un champ électrique.

25 Dans le cas d'un échange ionique le substrat doit contenir des espèces ioniques aptes à être échangés.

Selon un mode préféré de réalisation, le substrat est du verre et contient des ions Na^+ préalablement introduits, la première et la
30 deuxième espèces ioniques sont des ions Ag^+ et/ou K^+ .

Selon un premier mode de réalisation, l'étape a) comprend la réalisation d'un premier masque comportant un motif apte à l'obtention de la gaine, l'introduction de la première espèce ionique étant
5 réalisée à travers ce premier masque et l'étape b) comprend l'élimination du premier masque et la réalisation d'un deuxième masque comportant un motif apte à l'obtention du cœur, l'introduction de la deuxième espèce ionique étant réalisée à travers ce
10 deuxième masque.

Selon un deuxième mode de réalisation, l'étape a) comporte la réalisation d'un masque comportant un motif apte à l'obtention de la gaine et
15 du cœur, l'introduction de la première et l'introduction de la deuxième espèces ioniques des étapes a) et b) étant réalisées à travers ce masque. Ce mode de réalisation est en général limité au cas où le cœur et la gaine ne sont pas séparés dans le substrat.

20 Les masques utilisés dans l'invention sont par exemple en aluminium, en chrome, en alumine ou en matériau diélectrique.

Selon un premier mode de réalisation de l'étape c), l'enterrage de la première espèce ionique
25 est réalisée au moins partiellement avant l'étape b) et l'enterrage de la deuxième espèce ionique est réalisée au moins partiellement après l'étape b).

Selon un deuxième mode de réalisation de l'étape c), l'enterrage de la première espèce ionique
30 et l'enterrage de la deuxième espèce ionique sont réalisés simultanément après l'étape b).

Selon un troisième mode de réalisation de l'étape c), l'enterrage comporte un dépôt d'au moins une couche de matériau d'indice de réfraction avantageusement inférieur à celui de la gaine, sur la surface du substrat.

Ce mode peut être bien entendu combiné avec les deux modes précédents.

De façon avantageuse, au moins une partie de l'enterrage est réalisée avec l'application d'un champ électrique.

Généralement avant l'enterrage sous champ et/ou le dépôt d'une couche, le procédé de l'invention peut comporter en outre un enterrage par rediffusion dans un bain ionique.

Cette étape de rediffusion peut-être réalisée en partie avant l'étape b) pour rediffuser les ions de la première espèce ionique et en partie après l'étape b) pour rediffuser les ions de la première et de la deuxième espèces ioniques. Cette étape de rediffusion peut également être réalisée en totalité après l'étape b) pour rediffuser les ions des première et deuxième espèces ioniques.

A titre d'exemple cette rediffusion est obtenue en plongeant le substrat dans un bain contenant la même espèce ionique que celle contenue préalablement dans le substrat.

L'étape d) de réalisation du réseau peut être mis en œuvre indépendamment des étapes a) et b) ou être réalisé simultanément au cours de l'étape a) et/ou de l'étape b) en utilisant par exemple les mêmes masques.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront mieux de la description qui va suivre, en référence aux figures des dessins annexés.
5 Cette description est donnée à titre purement illustratif et non limitatif.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

- 10 - La figure 1, déjà décrite, représente schématiquement un synoptique d'un dispositif de filtrage avec un dispositif de prélèvement selon l'art antérieur,
- 15 - la figure 2, déjà décrite, représente schématiquement en coupe une fibre optique avec un élément de prélèvement connu,
- la figure 3 représente schématiquement en coupe, un premier exemple de réalisation d'un dispositif de prélèvement selon l'invention,
- 20 - la figure 4 représente schématiquement en coupe, un deuxième exemple de réalisation d'un dispositif de prélèvement selon l'invention,
- la figure 5 représente schématiquement en coupe, une variante de réalisation de la figure 3,
- 25 - la figure 6 représente schématiquement en coupe, une variante de réalisation de la figure 4 dans laquelle la gaine présente une variation de section,
- 30 - les figures 7a et 7b illustrent schématiquement en coupe, un troisième exemple de réalisation d'un dispositif de prélèvement selon l'invention,

- la figure 8 représente schématiquement en coupe, un exemple d'utilisation d'un dispositif de prélèvement selon l'invention avec un dispositif d'amplification,
- 5 - la figure 9 représente schématiquement en coupe, un autre exemple d'utilisation d'un dispositif de prélèvement selon l'invention avec un dispositif de filtrage,
- les figures 10a à 10d illustrent schématiquement en coupe un exemple de procédé de réalisation d'un élément de prélèvement selon l'invention,
- 10 - Les figures 11a à 11d illustrent schématiquement des variantes de réalisation de motif de masque permettant d'obtenir un réseau, et
- 15 - la figure 12 représente en coupe une variante de réalisation du dispositif selon l'invention, présentant un réseau dans la gaine.

20 DESCRIPTION DETAILLÉE DE MODES DE MISE EN ŒUVRE DE L'INVENTION

Pour simplifier la description, à titre d'exemple, on considérera que la zone d'interaction ne comporte qu'un réseau élémentaire inscrit dans le cœur du guide du dispositif.

25 La figure 3 représente schématiquement en coupe un premier exemple de dispositif de prélèvement selon l'invention réalisé en optique intégrée.

Cette coupe est dans un plan parallèle à la surface du substrat et contenant la direction z de propagation de l'onde lumineuse.

30

Ce dispositif de prélèvement comporte dans un substrat 15, un cœur 17 de guide d'onde, une gaine 19 et un réseau 21 réalisé à titre d'exemple dans une partie du cœur. La zone d'interaction I correspond à
5 une zone du substrat dans laquelle sont présents le cœur, la gaine et le réseau.

Comme on l'a vu précédemment, l'indépendance du cœur et de la gaine permet plus de souplesse et notamment de dissocier le cœur et la
10 gaine. Ainsi, en dehors de la zone d'interaction, la gaine peut ne plus entourer le cœur. La gaine n'agit alors sur la propagation d'une onde lumineuse dans le cœur du guide associé, que dans la partie qui entoure le cœur et la gaine peut guider ou véhiculer des ondes
15 lumineuses indépendamment du cœur. De cette façon, l'onde transportée par la gaine peut être récupérée plus aisément à une extrémité de la gaine sans être gênée par le cœur

Sur cette figure, l'élément de récupération et de traitement 33 peut ainsi être relié optiquement
20 plus aisément à une extrémité de la gaine sans être gênée par le cœur et récupérer tout ou partie de l'onde couplée dans la gaine suivant les applications visées.

Dans l'exemple de réalisation de la figure
25 3, la gaine 19 entoure le cœur 17 uniquement dans la zone d'interaction I comportant le réseau 21. Autrement dit le cœur 17 véhiculant une onde lumineuse d'entrée E, pénètre dans la gaine par une de ses extrémités référencée 19a et ressort de celle-ci après la zone
30 d'interaction I en véhiculant une onde S correspondant à la partie de l'onde E qui n'a pas été couplé à la

gaine dans la zone d'interaction. La partie couplée de l'onde est notée C. Le cœur peut être relié en amont et/ou en aval de la zone d'interaction à des éléments optiques (non représentés) qui peuvent être intégrés ou non dans le substrat 15.

Dans cet exemple, le cœur 17 est couplé optiquement en entrée à une fibre optique 34 et en sortie à une fibre optique 31 grâce à des férules référencées respectivement 35, 30.

Pour réaliser une double détection à partir du dispositif de prélèvement de cette figure, il suffit de relier la fibre 31 à un deuxième élément de récupération et de traitement (non représenté). Ainsi, l'onde couplée C dans la gaine est mesurée en sortie de la gaine par l'élément 33 et l'onde complémentaire de sortie S est mesurée en sortie du cœur 17 par le deuxième élément de récupération et de traitement.

Dans cet exemple de réalisation, l'élément de récupération et de traitement 33 comporte un élément optique qui est avantageusement un élément de mesure tel qu'un photodétecteur associé éventuellement à une optique adaptative ; cet élément 33 est disposé directement à l'extrémité 19b de la gaine. Si l'entrée de l'élément de mesure est adaptée à l'extrémité 19b de la gaine ou vice et versa, alors toute l'onde couplée C dans la gaine peut-être récupérée par l'élément de mesure.

La figure 4 représente schématiquement en coupe un deuxième exemple de dispositif de prélèvement selon l'invention réalisé en optique intégrée.

Cette coupe est également dans un plan parallèle à la surface du substrat et contenant la direction z de propagation de l'onde lumineuse.

Cette figure se distingue de la figure 3
5 par l'élément de récupération et de traitement qui comporte une deuxième zone d'interaction I' apte à coupler l'onde C se propageant dans la gaine 19, dans un deuxième cœur 24 et un élément optique 26.

De façon plus précise, la zone I' est
10 formée dans le substrat 15 par un deuxième cœur 24 de guide situé dans une portion de la gaine 19 et par un réseau 23 apte à coupler dans le deuxième cœur tout ou partie de l'onde C se propageant dans la gaine. Dans cet exemple, c'est le cœur 24 qui sort de la gaine par
15 l'extrémité 19b, qui est relié à l'élément optique 26.

Les caractéristiques de la deuxième zone d'interaction sont le plus souvent les mêmes que celles de la zone d'interaction I puisqu'elle a pour fonction de coupler l'onde C dans le deuxième cœur.

Ce mode de réalisation est un peu plus
20 complexe que le précédent mais présente l'avantage de permettre la récupération de l'onde couplée sur un guide de taille normale. Le cœur 24 peut être alors relié soit directement soit par l'intermédiaire d'une
25 fibre optique à l'élément optique 26.

Ce type de composant peut être utilisé également comme un multiplexeur/démultiplexeur auquel cas le cœur 24 est relié à un élément optique fonction de l'application souhaité.

Comme sur la figure 3, l'onde non couplée véhiculée par le cœur en sortie de la zone I peut être récupérée et traitée.

5 La figure 5 représente schématiquement en coupe dans un plan parallèle à la surface du substrat et contenant la direction z de propagation de l'onde lumineuse, une variante de la figure 3. Dans cet exemple, seule l'onde C est récupérée.

10 Cette coupe se distingue de celle de la figure 3, en ce que le cœur 17 ne ressort pas de la zone d'interaction I. L'onde non couplée S dans la gaine se disperse à l'intérieure de celle-ci sans être récupérée, tandis que l'onde C couplée et guidé dans la
15 gaine est récupérée par l'élément de récupération et de traitement 40 relié à l'extrémité 19b de la gaine.

L'élément optique 33 (de la figure 3), 26 (de la figure 4) ou 40 (de la figure 5) est avantageusement un photodétecteur ou un groupe de
20 photodétecteurs, apte à caractériser au moins spectralement l'onde mesurée associé éventuellement à un élément de mise en forme telle qu'une lentille, une fibre lentillée pour collimater l'onde à mesurer sur le photodétecteur.

25 Les caractéristiques de la ou des zones d'interaction sont déterminées suivant la ou les bandes spectrales de l'onde initiale E que l'on souhaite filtrer.

30 La figure 6 représente schématiquement en coupe dans un plan parallèle à la surface du substrat

et contenant la direction z de propagation de l'onde lumineuse, une variante de la figure 4. Cette figure se distingue de la figure 4 par la gaine 29 qui réalise les deux zones d'interaction I et I', les autres
5 éléments sont les mêmes que ceux de la figure 4 et portent les mêmes références.

La gaine 29 présente une variation de section, entre les deux zones d'interaction I et I' afin de modifier la répartition des modes guidés dans
10 la gaine. Ainsi, chacune de ces zones d'interaction I et I' est caractérisée par une fonction de transfert spectrale respectivement T1 et T2 définie par le réseau choisi 21, 23, la taille du cœur 17, 24 et la taille
15 de la gaine. Dans le cas de cet exemple, les deux cœurs 17 et 24 ont la même taille. Le changement de la taille de la gaine permet alors de modifier non seulement la position des bandes de filtrage en absolue (par rapport à une référence fixe) mais aussi en relatif (position des maxima entre eux des fonctions de transfert).

20 Ainsi, si on accorde les pas des deux réseaux 21, 23 pour que l'un des maxima soit à la même position spectrale pour les deux réseaux, alors à la longueur d'onde centrale correspondant à ce maximum, le premier réseau 21 couplera le mode fondamental du cœur
25 21 vers un mode de gaine ; ce mode sera alors guidé dans la gaine 19 jusqu'à l'autre réseau 23. Le couplage inverse aura alors lieu et le signal filtré par le réseau 21 se retrouvera dans le cœur 24. Pour les autres bandes spectrales couplées, la gaine 19 guidera
30 aussi les modes couplés vers le second réseau 23 mais le changement de taille de gaine fait que le couplage

dans le cœur 24 ne pourra plus se faire avec le second réseau. En sortie du cœur 24, un seul des modes couplé dans la gaine pourra être récupéré.

Pour modifier la répartition des modes
5 guidés dans la gaine, on aurait pu également décentrer le cœur 17 par rapport à l'autre cœur 24. Un tel décentrement permet comme précédemment, de rajouter un élément de filtrage entre les deux zones d'interaction mis en série par une gaine commune.

10 On peut bien entendu combiner le décentrement des deux cœurs et la variation de la section de la gaine.

Les figures 7a et 7b représentent
15 schématiquement le dispositif de l'invention respectivement en coupe dans un plan (xz) parallèle à la surface du substrat et contenant la direction z de propagation de l'onde lumineuse (figure 7a) et dans un plan (yx) perpendiculaire à la surface du substrat et
20 perpendiculaire à la direction z de propagation de l'onde lumineuse (figure 7b).

Ces figures présentent une autre solution pour réaliser une double détection. Sur la figure 7a, est représentée dans le substrat 15, une zone
25 d'interaction I formée par la gaine 19, le cœur 17 de guide et le réseau 21. Dans cet exemple, le cœur pénètre dans la gaine par l'extrémité 19a et traverse celle-ci jusqu'à son extrémité de sortie 19b sans être séparée de la gaine.

30 Un élément 50 de récupération et de traitement est alors relié conjointement aux extrémités

de sortie du cœur et de la gaine. Cet élément est par exemple un ensemble de détection de type matrice CCD (c'est-à-dire un ensemble matriciel de détecteurs) associé éventuellement à une optique d'adaptation. Sur les figures 7a et 7b, l'élément 50 est une barrette de détecteurs 51.

La figure 7b est une coupe dans le plan de ces détecteurs.

Ainsi, comme précédemment une partie de l'onde lumineuse d'entrée E est couplée (onde C) dans la zone d'interaction I tandis que la partie non couplée (onde S) continue à être véhiculée par le cœur 17. Les cercles concentriques référencés respectivement C et S illustrent schématiquement ces ondes.

L'onde S est récupérée par un ou plusieurs détecteurs situés au centre de la matrice tandis que l'onde C est récupérée par les autres détecteurs.

En effet, si la section de la gaine est suffisamment grande, le ou les modes de gaine ont leurs énergies réparties principalement en dehors de la zone centrale. La répartition des énergies des ondes C et S est schématiquement représenté à titre indicatif au-dessus de la barrette des détecteurs figure 7b. De ce fait les éléments de détection centraux donne la mesure du signal S et les autres éléments de la matrice donne la mesure du signal complémentaire C.

L'indépendance du cœur et de la gaine permet par ailleurs d'adapter la taille de la gaine à une matrice de détecteurs donnée. Alors que la gaine d'une fibre optique est circulaire et est mal adaptée à la forme en ligne des détecteurs.

Le dispositif de prélèvement de l'invention peut être utilisé avec de nombreux composants optiques. Il est particulièrement intéressant dans le cas de composant de filtrage tels que des filtres linéaires ou des aplatisseurs de gain utilisés par exemple avec des amplificateurs optiques pour permettre le contrôle de l'amplificateur.

La figure 8 représente justement à titre d'exemple, l'utilisation d'un dispositif de prélèvement selon l'invention avec un amplificateur optique.

Cette figure est dans un plan yz contenant le dispositif de prélèvement de l'invention qui est dans cet exemple du même type que celui de la figure 3. L'amplificateur optique associé à ce dispositif de prélèvement est intégré dans le même substrat 15 que ce dernier. Il comporte un élément d'amplification schématisé par une zone grisée 45 qui peut-être un cœur de guide spiralé relié en entrée à un coupleur 47 et en sortie au cœur 17 du dispositif de prélèvement.

Le coupleur 47 comporte une première entrée reliée à un cœur 49 de guide à partir duquel est introduit l'onde lumineuse E à amplifier et une deuxième entrée reliée à un cœur 51 de guide à partir duquel est introduit une onde de pompe P apte à pomper la zone active 45. Le coupleur 47 permet de fournir à l'élément amplificateur qui est relié à la sortie du coupleur, les ondes à amplifier et de pompe. En sortie de l'amplificateur, le cœur 17 véhicule alors l'onde E amplifiée.

En général, du fait de la non homogénéité du gain de la zone active 45 sur la bande spectrale

d'amplification, l'onde amplifiée a subit une déformation. Un filtre aplatisseur de gain est donc avantageusement relié à la sortie de l'élément amplificateur 45. Ce filtre est selon l'invention
5 réalisé par un ou plusieurs réseaux à gaine artificielle pour coupler dans une gaine 19 l'excédent d'amplification de l'onde E. Le dispositif de prélèvement est alors utilisé en filtre puisqu'il permet de récupérer en sortie de la gaine 19 l'onde non
10 transmise par le cœur 17. Un élément de récupération et de traitement de l'onde C est donc relié optiquement à l'extrémité 19b de la gaine tandis que l'onde S de sortie est disponible en sortie du cœur 17.

Comme l'énergie lumineuse C non transmise
15 de l'onde est proportionnelle à l'énergie S transmise, par le cœur 17, la mesure de l'énergie guidé dans le ou les modes de gaine permet un contrôle du niveau de puissance de sortie de l'amplificateur.

Ce contrôle est particulièrement important
20 quand il faut assurer un niveau d'amplification constant avec le temps.

L'utilisation du signal non transmis par le cœur 17 et donc perdu, pour réaliser le contrôle de la
25 puissance de sortie de l'amplificateur présente le double avantage de ne pas nécessiter de composant supplémentaire type coupleur pour effectuer le prélèvement et de ne pas introduire de perte en sortie. Sur la figure 8, le dispositif de prélèvement et
30 l'élément amplificateur sont réalisés dans le même substrat, mais bien entendu ces deux éléments peuvent

être réalisés dans deux substrats différents ou même, l'élément amplificateur peut être une fibre amplificatrice relié au dispositif de prélèvement réalisé dans un substrat.

5

La figure 9 illustre schématiquement en coupe, une autre application du dispositif de prélèvement pour le contrôle spectral d'un filtrage linéaire.

10

Sur cette figure une source 60 ayant un spectre large 61 (représenté à proximité de la source) est reliée optiquement à un cœur de guide 62 réalisé dans un substrat 15. Le cœur 62 guide le signal provenant de la source jusqu'à une fibre optique 63 comportant un réseau de Bragg 64. Ce dernier réfléchit une fine bande spectrale 65 (représenté à proximité du réseau 64) dans la fibre 63. Le signal de bande spectrale 65 retourne alors dans le substrat 15 par un cœur 66 de guide réalisé dans ledit substrat. Le cœur 66 transporte ce signal vers un dispositif de prélèvement 67 selon l'invention.

15

20

Dans cet exemple, le dispositif 67 est du même type que celui représenté sur les figures 7a et 7b. La barrette de photo détecteurs 50 par exemple une barrette CCD est reliée aux extrémités de la gaine et du cœur du dispositif de prélèvement et mesure les signaux filtrés I_1 par la zone d'interaction et non filtrés I_2 par celle-ci. Une centrale d'analyse 69 est par exemple reliée à la barrette 50 pour traiter les signaux mesurés.

30

Quand le réseau de Bragg est soumis à des variations de paramètres (température, contrainte, ...) la longueur d'onde réfléchie varie. Le signal mesuré en sortie du dispositif de prélèvement selon l'invention permet alors de déterminer la valeur de cette variation.

Le dispositif de prélèvement selon l'invention permet de réaliser des fonctions plus ou moins évoluées en jouant sur les différents éléments du réseau à gain artificielle. Ce dernier permet de transmettre un signal linéaire en fonction de la longueur d'onde sur une plage donnée. Ainsi, si λ_m est la longueur d'onde centrale du filtre, la transmission est donnée par une relation du type suivant au voisinage de cette longueur d'onde :

$$T(\lambda) = a \times (\lambda - \lambda_m) + t_m \quad (3)$$

Si on mesure simultanément le signal transmis I_2 et son complémentaire I_1 en décibel (par exemple sur une barrette CCD) et que l'on retranche les deux, on obtient :

$$I_2^{\text{dB}} - I_1^{\text{dB}} = 10 \log(1 - t_m - a \times d\lambda) - 10 \log(t_m + a \times d\lambda) \quad (4)$$

Ainsi, contrairement à l'art antérieur, la double détection se fait au sein du même dispositif ce qui permet de rendre la mesure insensible à des pertes intermédiaires et insensible aux fluctuations d'intensité de la mesure.

De plus, l'utilisation d'un réseau à gaine artificielle selon l'invention présente le double avantage d'assurer à la fois la fonction de filtrage mais aussi celle de prélèvement d'où un gain de coût et d'encombrement.

Pour résoudre un éventuel problème de non linéarité de la mesure en fonction du décalage spectral, on peut adapter le spectre du composant. Ainsi, si on veut :

$$I_2/I_1 = \alpha \times d\lambda + \beta_m \quad (5)$$

Il suffit d'adapter la réponse du dispositif de prélèvement de manière à avoir une transmission définie sur la bande spectrale utile à partir de l'équation :

$$T(\lambda) = \frac{1}{1 + \alpha \times (\lambda - \lambda_m) + \beta_m} \quad (6)$$

Ce système peut être appliqué notamment au contrôle en fréquence d'une source fine ou à la mesure de décalage de capteurs à réseau de Bragg.

On décrit ci-après à partir des figures 10a à 10d un exemple de réalisation, à partir de la technologie par échange d'ions, d'une zone d'interaction I utilisée dans un dispositif de prélèvement selon l'invention.

Ces figures sont des coupes de la zone I dans un plan xy.

Ainsi, sur la figure 10a est représentée le substrat 15 contenant préalablement des ions B. Un premier masque 71 est réalisé par exemple par photolithographie sur une des faces du substrat ; ce masque comporte une ouverture déterminée en fonction des dimensions (largeur, longueur) de la gaine 19 que l'on souhaite obtenir.

Un premier échange ionique est alors réalisé entre des ions A et les ions B contenus dans le substrat, dans une zone du substrat située au voisinage de l'ouverture du masque 71. Cet échange est obtenu par exemple en trempant le substrat muni du masque dans un bain contenant des ions A et en appliquant éventuellement un champ électrique entre la face du substrat sur laquelle est disposée le masque et la face opposée. La zone du substrat dans laquelle a été réalisée cet échange ionique forme la gaine 19.

Pour enterrer cette gaine, une étape de rediffusion des ions A est réalisée avec l'assistance ou non d'un champ électrique appliqué comme précédemment. La figure 10b, représente la gaine après une étape d'enterrage partielle de celle-ci. Le masque 71 est enlevé généralement avant cette étape.

La réalisation de la gaine selon l'invention s'apparente donc à la réalisation d'un cœur de guide mais avec des dimensions différentes.

L'étape suivante représentée figure 10c consiste à former un nouveau masque 75 sur le substrat par exemple par photolithographie après éventuellement un nettoyage de la face du substrat sur lequel il est réalisé. Ce masque comporte des motifs aptes à

permettre la réalisation d'un cœur 17 de guide et en particulier lorsque le cœur comporte un réseau, les motifs du masque 75 peuvent être adaptés aux motifs du réseau à former.

5 Un deuxième échange ionique est alors réalisé entre les ions B du substrat et des ions C qui peuvent être les mêmes ou non que les ions A. Cet échange ionique peut-être réalisé comme précédemment en trempant le substrat dans un bain contenant des ions C
10 et en appliquant éventuellement un champ électrique.

Enfin, la figure 10d illustre le composant obtenu après enterrage du cœur 17 obtenu par rediffusion des ions C et enterrage final de la gaine, avec l'assistance ou non d'un champ électrique. Le
15 masque 75 est généralement supprimé avant cette étape d'enterrage.

Les conditions du premier et du deuxième échanges ioniques sont définies de façon à obtenir les différences d'indices de réfraction souhaitées entre le
20 substrat, la gaine et le cœur. Les paramètres d'ajustement de ces différences sont notamment le temps d'échange, la température du bain, la concentration en ions du bain et la présence ou non d'un champ électrique.

25 A titre d'exemple de réalisation, le substrat 15 est du verre contenant des ions Na^+ , le masque 71 est en aluminium et présente si la gaine est uniforme une ouverture d'environ 30 μm de large (la longueur de l'ouverture dépend de la longueur désirée
30 de gaine pour l'application visée).

Le premier échange ionique est réalisé avec un bain comportant des ions Ag^+ environ à 20% de concentration, à une température d'environ 330°C et pendant un temps d'échange de 5 mn environ. Une rediffusion des ions a tout d'abord lieu à l'air libre à une température d'environ 330°C et pendant 30 s, puis on effectue un enterrage partiel de la gaine ainsi formée dans le verre. Cet enterrage est réalisé par une rediffusion dans un bain de sodium à une température d'environ 260°C et pendant 3 mn.

Le masque 75 est aussi en aluminium et présente un motif d'ouverture environ de 3 μm de large (la longueur du motif dépend de la longueur désirée de coeur pour l'application visée).

Le deuxième échange ionique est réalisé avec un bain comportant des ions également Ag^+ environ à 20% de concentration, à une température d'environ 330°C et pendant un temps d'échange de 5 mn environ, une rediffusion des ions a tout d'abord lieu à l'air libre à une température d'environ 330°C et pendant 30 s. Puis on réalise, un enterrage partiel du coeur ainsi formé dans le verre par une rediffusion dans un bain de sodium à une température d'environ 260°C et pendant 3 mn.

L'enterrage final de la gaine et du coeur se fait sous champ électrique les deux faces opposées du substrat sont en contact de deux bains (dans cet exemple du sodium) apte à permettre d'appliquer une différence de potentiel entre ces deux bains.

De nombreuses variantes du procédé décrit précédemment peuvent bien entendu être réalisées.

Comme on l'a vu précédemment, pour réaliser l'enterrage de la gaine et du cœur, une variante du procédé consisterait à déposer sur le substrat 15, une couche de matériau 78, représentée en pointillés sur la figure 10d. Pour permettre un guidage optique, ce matériau doit présenter avantageusement un indice de réfraction inférieur à celui de la gaine.

La réalisation du composant selon l'invention n'est pas limitée à la technique d'échange d'ions. Le composant de l'invention peut être réalisé bien entendu par toutes les techniques qui permettent de modifier l'indice de réfraction du substrat.

Par ailleurs, comme on l'a vu précédemment, la période, la taille, la position du réseau réalisé, par rapport au cœur et à la gaine, sont des paramètres qui peuvent être adaptées en fonction des applications.

Le motif du réseau peut être défini sur le masque permettant la réalisation de la gaine et/ou sur le masque permettant la réalisation du cœur ou sur le masque unique permettant la réalisation à la fois de la gaine et du cœur ou encore sur un masque spécifique pour la réalisation uniquement du réseau.

Les figures 11a à 11d illustrent des exemples de réalisation de masques M1, M2, M3, M4 permettant d'obtenir un réseau élémentaire. Ces figures sont des vues de dessus des masques et ne représentent que la partie des masques permettant d'obtenir le réseau. Les zones blanches du motif des masques correspondent aux ouvertures des masques.

Ces masques permettent d'obtenir un réseau périodique de période Λ . Le masque M4 permet d'obtenir un réseau par segmentation tandis que les masques M1 et M2 permettent d'obtenir un réseau par variation de largeur des motifs. Par ailleurs, le masque M3 permet d'obtenir un réseau par l'introduction d'une perturbation P périodique dans le substrat par exemple au voisinage du cœur 70.

Les figures précédentes illustrent des exemples de réseau formé dans le cœur du guide.

La figure 12 illustre un exemple de réalisation d'un réseau élémentaire 80 réalisé par segmentation dans une zone d'interaction, à la fois dans le cœur 17 et dans la gaine 19.

Ainsi, sur la figure 12, le réseau 80 est formé dans la gaine 19 par une alternance de période Λ de zones 82 de longueur variables considéré dans la direction z de propagation d'une onde lumineuse. Le cœur étant par ailleurs inclus dans la gaine au moins dans la zone d'interaction, le réseau est également inscrit dans le cœur, autrement dit le cœur comporte également des zones d'indice de réfraction différent de celui du reste du cœur.

Les réseaux peuvent être formés par toutes les techniques classiques permettant de modifier localement l'indice effectif du substrat dans le cœur et/ou dans la gaine.

Ils peuvent donc être réalisés au cours des échanges ioniques permettant de réaliser le cœur et/ou la gaine ou au cours d'un échange ionique spécifique. Ils peuvent également être obtenus par une gravure du

substrat au niveau de la zone d'interaction ou par un rayonnement. En particulier, les réseaux peuvent être obtenus par insolation du cœur et/ou de la gaine avec un laser de type CO_2 . Le laser en produisant des échauffements localisés permet de rediffuser localement des ions et inscrire ainsi le motif des réseaux.

A titre d'exemple, on peut balayer le substrat avec un faisceau laser modulé par exemple en amplitude de manière à introduire une modulation du réseau au pas souhaité.

Le motif du réseau dépend des applications visées. En particulier, le réseau peut-être à période variable (réseau chirpé) ou à efficacité variable (réseau apodisé).

REVENDEICATIONS

1. Dispositif de prélèvement caractérisé en ce qu'il comporte dans un substrat (15), un cœur (17)
5 de guide d'onde apte à véhiculer une onde lumineuse E et une gaine optique (19), au moins une portion de la gaine entourant au moins une portion du cœur dans une zone dite zone d'interaction I, ladite zone comportant en outre un réseau (21) apte à coupler dans la gaine,
10 une partie de l'onde lumineuse, la partie couplée de l'onde étant dite onde couplée (C), l'indice de réfraction de la gaine étant différent de l'indice de réfraction du substrat et inférieur à l'indice de réfraction du cœur au moins dans la partie de la gaine
15 voisine du cœur dans la zone d'interaction.

2. Dispositif de prélèvement selon la revendication 1, caractérisé en ce que la gaine du dispositif est relié optiquement à un premier élément
20 de récupération et de traitement de toute ou partie de l'onde couplée (C).

3. Dispositif de prélèvement selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce
25 que le cœur du dispositif est relié optiquement à un deuxième élément de récupération et de traitement de toute ou partie de l'onde non couplée dans la gaine (S).

30 4. Dispositif de prélèvement selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce

qu'après la zone d'interaction (I) le cœur et la gaine sont séparés spatialement.

5 5. Dispositif de prélèvement selon la revendication 1, caractérisé en ce que la gaine et le cœur du dispositif sont reliés optiquement à un même élément de récupération et de traitement (50) comportant un ensemble d'éléments optiques (51).

10 6. Dispositif de prélèvement selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que le premier élément de récupération et de traitement de tout ou partie de l'onde couplée, comporte un élément optique (33) disposé directement à une
15 extrémité de la gaine.

7. Dispositif de prélèvement selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que le premier élément de récupération et de traitement
20 de tout ou partie de l'onde couplée, comporte une deuxième zone d'interaction (I') et un élément optique (26), la deuxième zone d'interaction étant formée dans le substrat, par un deuxième cœur de guide (24) situé dans une portion de la gaine (19) et par un deuxième
25 réseau (23) apte à coupler dans le deuxième cœur, l'onde (C) couplée dans la gaine, ledit deuxième cœur étant relié optiquement en dehors de cette deuxième zone d'interaction à l'élément optique.

30 8. Dispositif de prélèvement selon la revendication 7, caractérisé en ce que le premier et le

deuxième cœurs sont décentrer l'un par rapport à l'autre dans la gaine et/ou la gaine comporte une variation de section d'une zone d'interaction à l'autre.

5

9. Dispositif de prélèvement selon l'une quelconque des revendications 3 et suivantes, caractérisé en ce que le deuxième élément de récupération et de traitement comporte un élément
10 optique relié au cœur du dispositif.

10. Dispositif de prélèvement selon l'une quelconque des revendications 5 à 9, caractérisé en ce que l'élément optique est un photo-détecteur ou un
15 groupe de photodétecteurs associé éventuellement à un élément de mise en forme.

11. Dispositif de prélèvement selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce
20 que le réseau d'une zone d'interaction est formé dans le cœur du guide et/ou dans la gaine et/ou dans le substrat.

12. Dispositif de prélèvement appliqué à la
25 réalisation d'un amplificateur optique, selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce qu'il est relié optiquement à la sortie d'un élément d'amplification optique (45).

30 13. Dispositif de prélèvement selon la revendication 12, caractérisé en ce qu'il est apte à

assurer une fonction d'aplatisseur de gain en sortie de l'élément d'amplification.

14. Dispositif de prélèvement appliqué à la
5 réalisation d'un filtre linéaire selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que la zone d'interaction réalise conjointement une fonction de filtrage et de prélèvement.

10 15. Procédé de réalisation d'un dispositif de prélèvement en optique intégrée selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le ou les cœurs (17, 24)) et la gaine (19) sont réalisés respectivement par une modification de
15 l'indice de réfraction du substrat de façon à ce qu'au moins dans la partie de la gaine voisine du cœur et au moins dans la zone d'interaction correspondante (I, I'), l'indice de réfraction de la gaine soit différent de l'indice de réfraction du substrat et inférieur à
20 l'indice de réfraction du cœur et en ce que le réseau correspondant (21, 23) est réalisé par une modification de l'indice effectif du substrat.

16. Procédé de réalisation selon la
25 revendication 15, caractérisé en ce que la modification de l'indice de réfraction du substrat est obtenue par rayonnement et/ou par introduction d'espèces ioniques.

17. Procédé de réalisation selon la
30 revendication 16, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

- a) introduction d'une première espèce ionique dans le substrat de façon à permettre l'obtention après l'étape c) de la gaine optique,

5 - b) introduction d'une deuxième espèce ionique dans le substrat de façon à permettre l'obtention après l'étape c) du ou des cœurs de guide,

10 - c) enterrage des ions introduits aux étapes a) et b) de façon à obtenir la gaine et le ou les cœurs de guide,

- d) formation du ou des réseaux.

15 18. Procédé de réalisation selon la revendication 17, caractérisé en ce que l'introduction de la première et/ou de la deuxième espèces ioniques est réalisée par un échange ionique ou par implantation ionique.

20 19. Procédé de réalisation selon la revendication 17 ou 18, caractérisé en ce que le substrat est du verre et contient des ions Na^+ , la première et la deuxième espèces ioniques sont des ions Ag^+ et/ou K^+ .

25 20. Procédé de réalisation selon l'une quelconque des revendications 17 à 19, caractérisé en ce que l'étape a) comprend la réalisation d'un premier masque (71) comportant un motif apte à l'obtention de la gaine, l'introduction de la première espèce ionique
30 étant réalisée à travers ce premier masque et l'étape

b) comprend l'élimination du premier masque et la réalisation d'un deuxième masque (75) comportant un motif apte à l'obtention du ou des cœurs, l'introduction de la deuxième espèce ionique étant
5 réalisée à travers ce deuxième masque.

21. Procédé de réalisation selon l'une quelconque des revendications 15 à 20, caractérisé en ce que le ou les réseaux sont obtenus par introduction
10 d'espèces ioniques à travers un masque permettant l'obtention du ou des cœurs et/ou de la gaine ou par un masque spécifique.

22. Procédé de réalisation selon l'une quelconque des revendications 15 à 20, caractérisé en ce que le ou les réseaux sont obtenus par des
15 échauffements locaux.

23. Procédé de réalisation selon l'une quelconque des revendications 15 à 20, caractérisé en ce que le ou les réseaux sont obtenus par gravure du
20 substrat au voisinage de la zone d'interaction correspondante.

24. Procédé de réalisation selon l'une quelconque des revendications 17 à 23, caractérisé en ce que l'enterrage de la première espèce ionique est réalisé au moins partiellement avant l'étape b) et l'enterrage de la première et de la deuxième espèces
25 ioniques est réalisée après l'étape b).
30

25. Procédé de réalisation selon l'une quelconque des revendications 17 à 24, caractérisé en ce que l'enterrage de la première espèce ionique et l'enterrage de la deuxième espèce ionique sont réalisés après l'étape b).

26. Procédé de réalisation selon l'une quelconque des revendications 17 à 25, caractérisé en ce qu'au moins une partie de l'enterrage est réalisée avec l'application d'un champ électrique.

27. Procédé de réalisation selon l'une quelconque des revendications 17 à 26, caractérisé en ce qu'au moins une partie de l'enterrage est réalisée par une rediffusion dans un bain ionique.

28. Procédé de réalisation selon l'une quelconque des revendications 17 à 27, caractérisé en ce que tout ou partie de l'enterrage est réalisé par un dépôt d'au moins une couche (78) sur la surface du substrat.

29. Procédé de réalisation selon l'une quelconque des revendications 17 à 28, caractérisé en ce que l'introduction de la première espèce ionique et/ou l'introduction de la deuxième espèce ionique sont réalisées avec l'application d'un champ électrique.

1 / 6

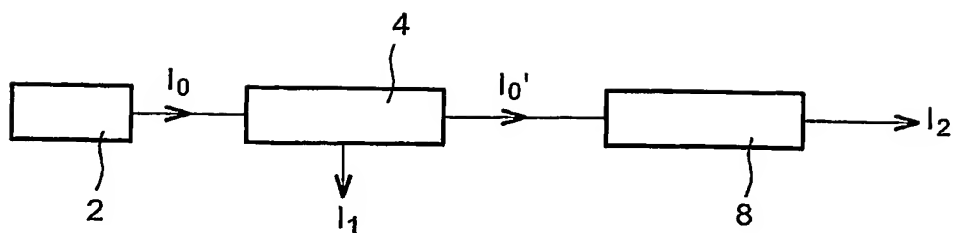


FIG. 1

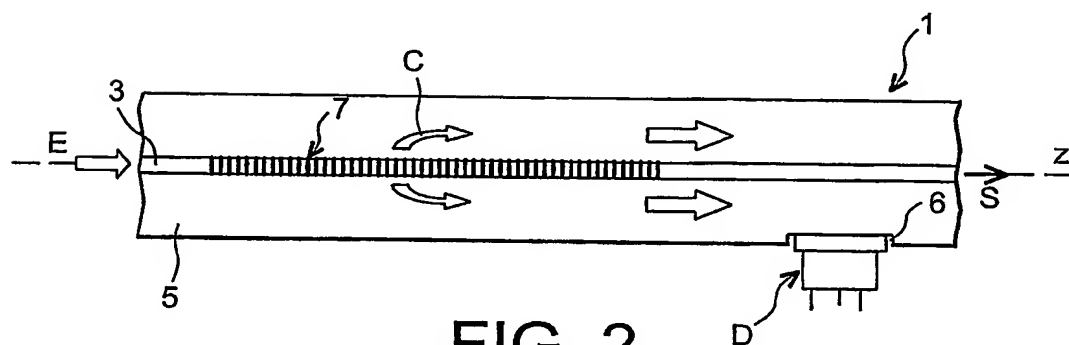


FIG. 2

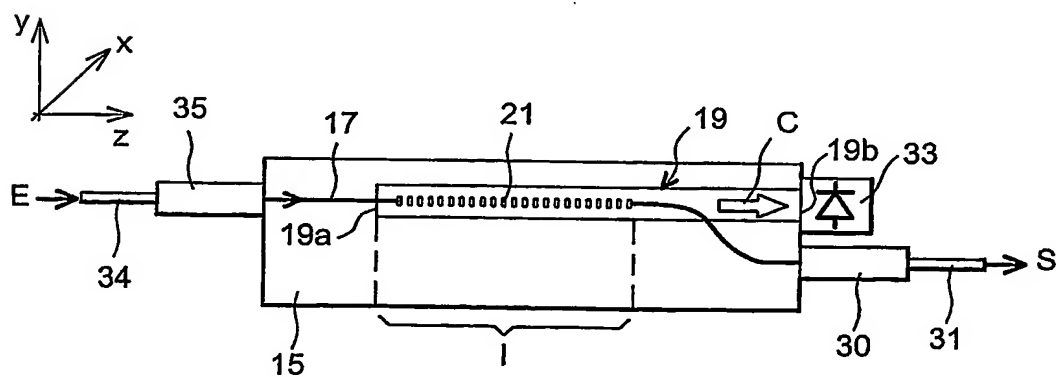


FIG. 3

2 / 6

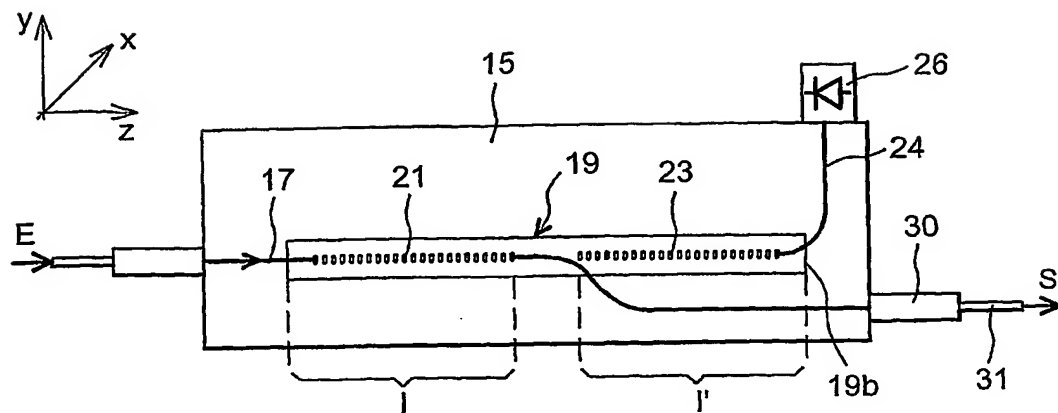


FIG. 4

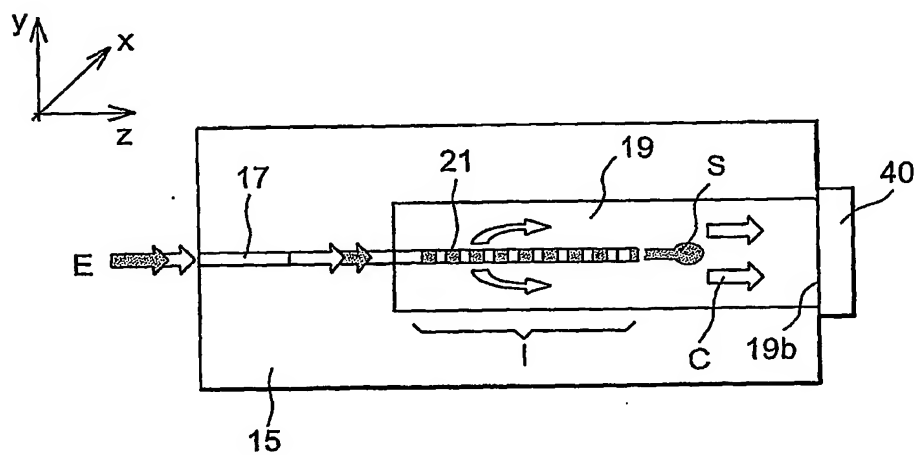


FIG. 5

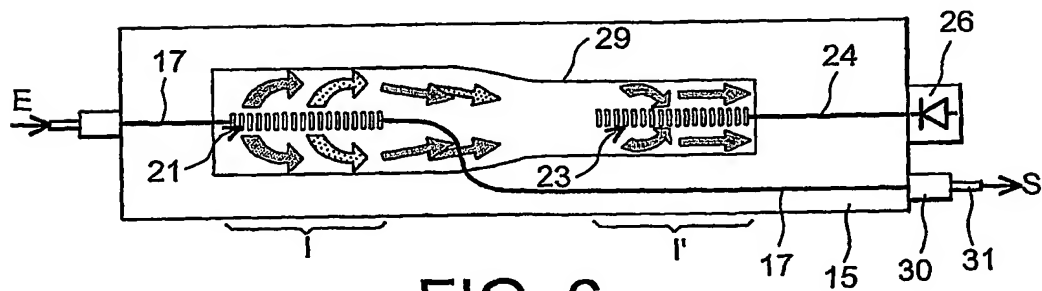


FIG. 6

3 / 6

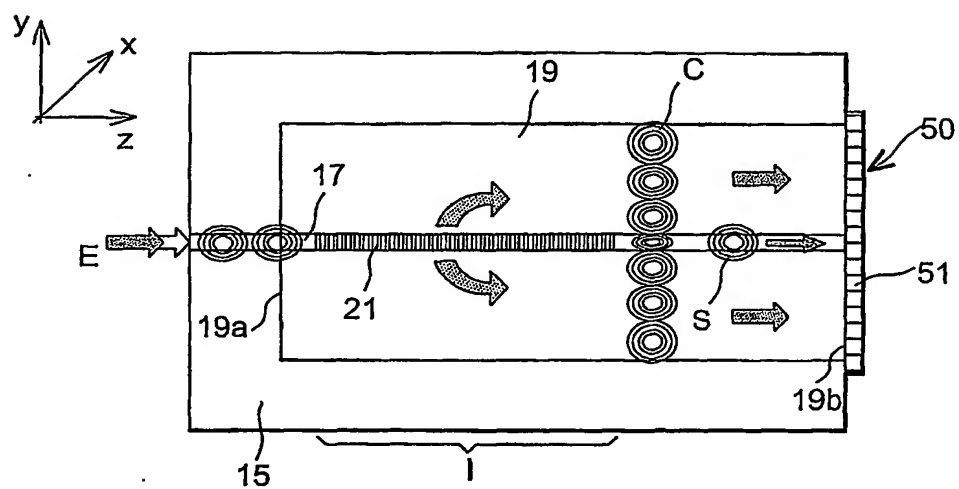


FIG. 7a

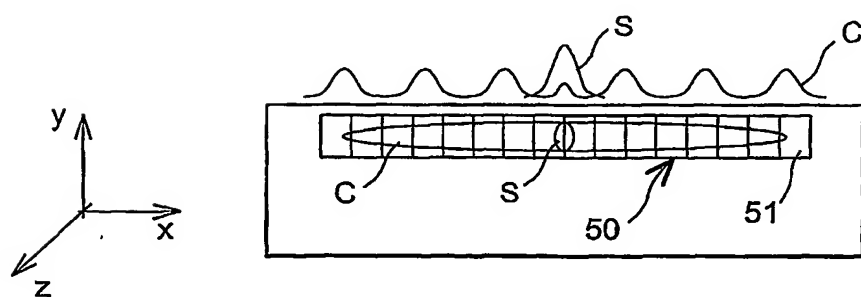
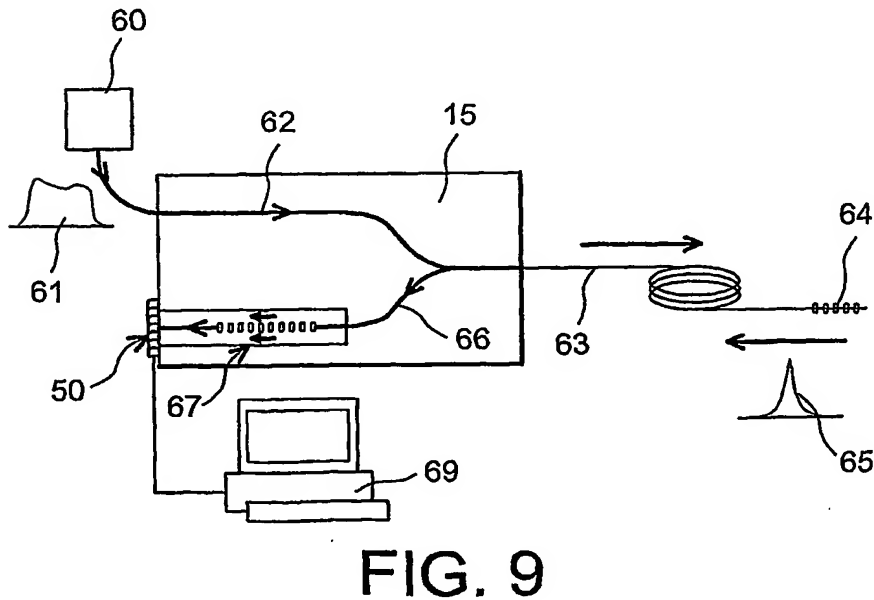
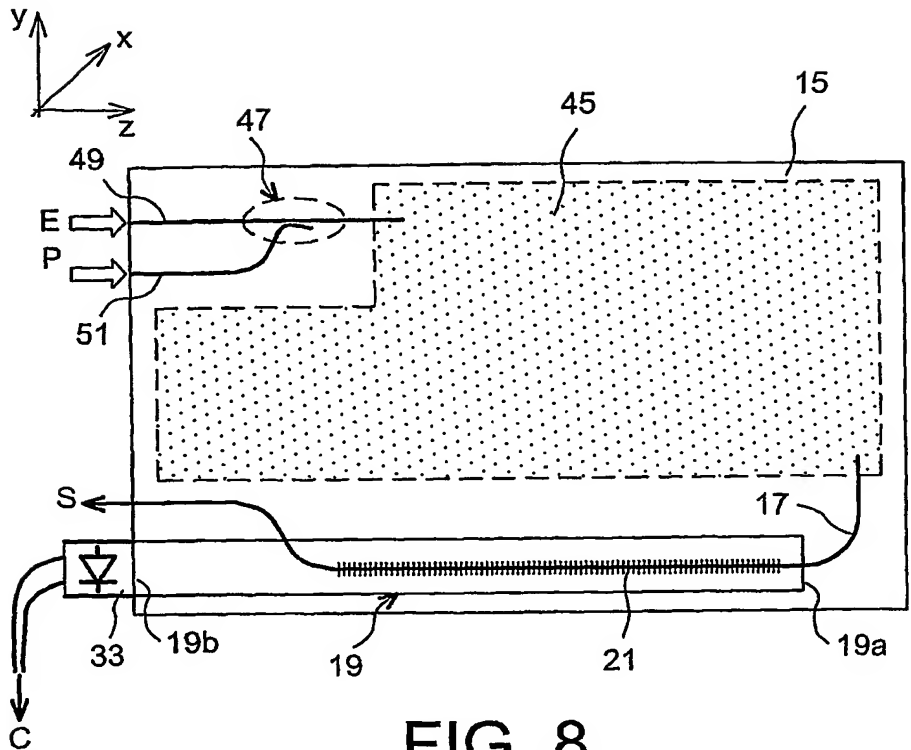


FIG. 7b

4 / 6



5 / 6

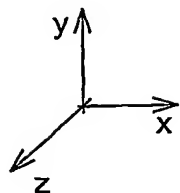


FIG. 10a

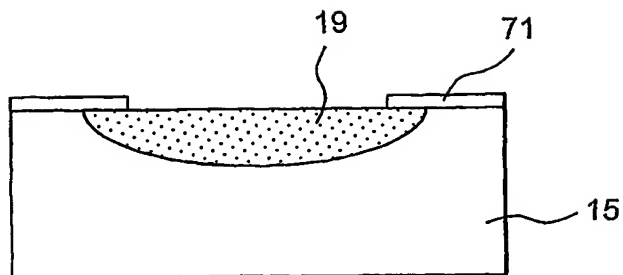


FIG. 10b

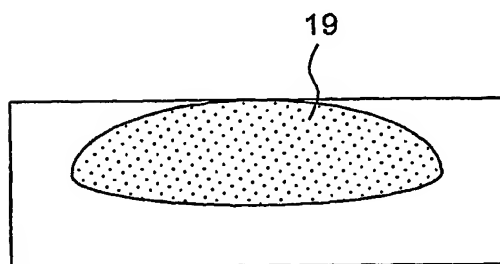


FIG. 10c

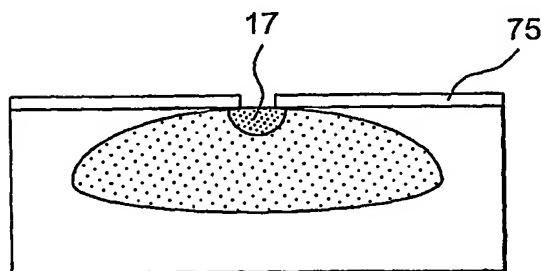
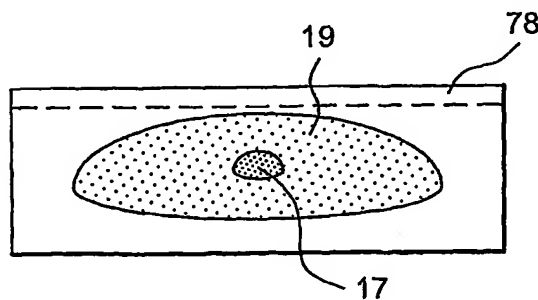


FIG. 10d



6 / 6

FIG. 11a

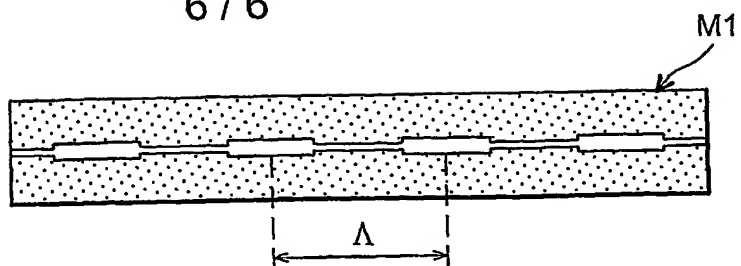


FIG. 11b

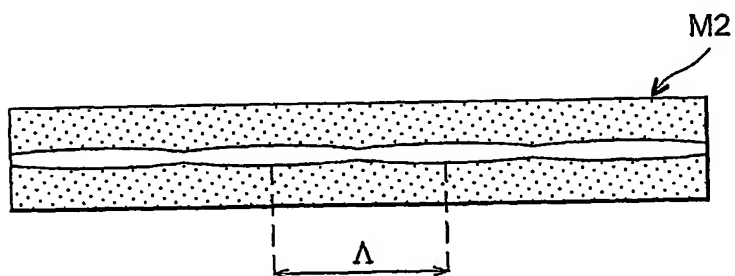


FIG. 11c

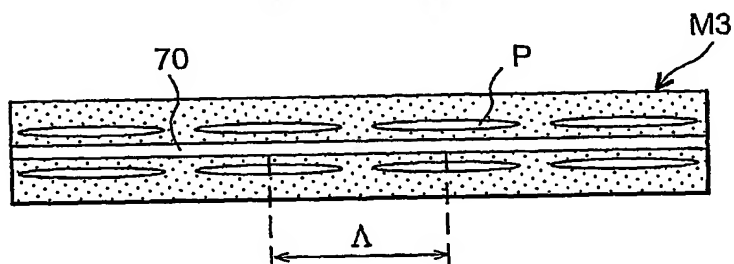


FIG. 11d

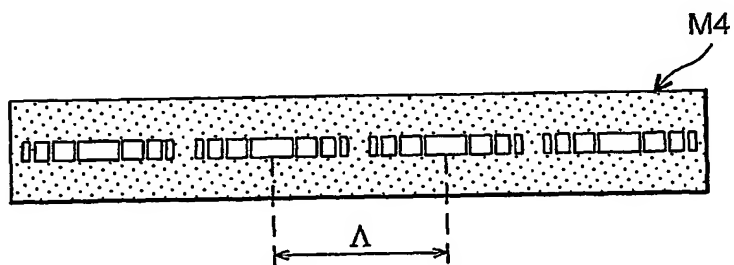
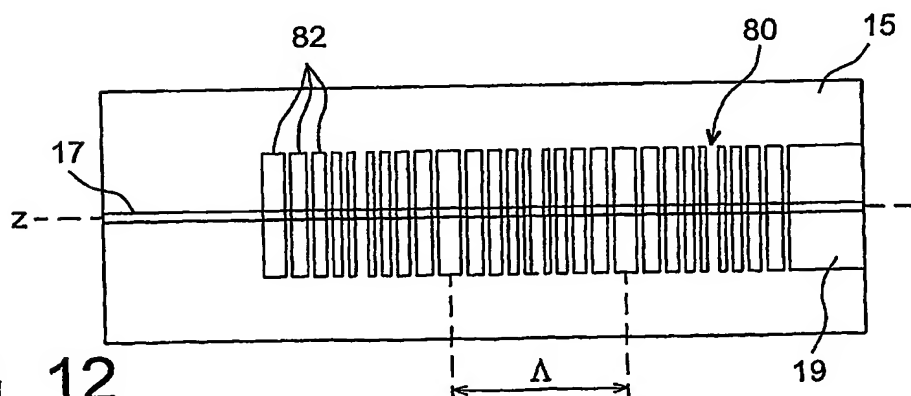


FIG. 12



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR 03/50174

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G02B6/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 259 847 B1 (SHMULOVICH JOSEPH ET AL) 10 July 2001 (2001-07-10)	1-6, 11-14
Y	the whole document	15-29
Y	RAMASWAMY R V ET AL: "ION-EXCHANGED GLASS WAVEGUIDES: A REVIEW" JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, IEEE. NEW YORK, US, vol. 6, no. 6, 1 June 1988 (1988-06-01), pages 984-1002, XP000049599 ISSN: 0733-8724 paragraph '00II!	15-29
X	US 5 495 543 A (ALFERNESS RODNEY C ET AL) 27 February 1996 (1996-02-27) abstract	1
	-/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the International filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 June 2004

Date of mailing of the international search report

16/06/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Verbandt, Y

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/03/50174

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 058 226 A (STARODUBOV DMITRY) 2 May 2000 (2000-05-02) claim 1; figure 6	1,7-11
A	WO 02/16979 A (SABEUS PHOTONICS INC) 28 February 2002 (2002-02-28) abstract	2,3
A	WEBER J-P: "SPECTRAL CHARACTERISTICS BRAGG-REFLECTION TUNABLE OPTICAL FILTER" IEE PROCEEDINGS J. OPTOELECTRONICS, INSTITUTION OF ELECTRICAL ENGINEERS. STEVENAGE, GB, vol. 140, no. 5, PART J, 1 October 1993 (1993-10-01), pages 275-284, XP000412788 ISSN: 0267-3932	4
A	US 2001/012423 A1 (PANG LILY Y ET AL) 9 August 2001 (2001-08-09)	
A	GERAGHTY D F ET AL: "Gratings photowritten in ion-exchanged glass channel waveguides" ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, vol. 35, no. 7, 1 April 1999 (1999-04-01), pages 585-587, XP006011975 ISSN: 0013-5194	
A	EP 0 546 961 A (EASTMAN KODAK CO) 16 June 1993 (1993-06-16)	
A	US 5 160 360 A (SEKI MASAFUMI ET AL) 3 November 1992 (1992-11-03)	
A	EP 1 001 286 A (JDS FITEL INC ; IOT INTEGRIERTE OPTIK GMBH & C (DE)) 17 May 2000 (2000-05-17)	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/JP03/50174

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6259847	B1	10-07-2001	NONE	
US 5495543	A	27-02-1996	CA 2122327 A1 EP 0647861 A1 JP 7181310 A	11-03-1995 12-04-1995 21-07-1995
US 6058226	A	02-05-2000	NONE	
WO 0216979	A	28-02-2002	AU 8833601 A CN 1466696 T EP 1325366 A2 JP 2004507782 T WO 0216979 A2	04-03-2002 07-01-2004 09-07-2003 11-03-2004 28-02-2002
US 2001012423	A1	09-08-2001	US 6236773 B1	22-05-2001
EP 0546961	A	16-06-1993	US 5208882 A EP 0546961 A1 JP 5224047 A	04-05-1993 16-06-1993 03-09-1993
US 5160360	A	03-11-1992	JP 2054520 C JP 3150239 A JP 7091091 B	23-05-1996 26-06-1991 04-10-1995
EP 1001286	A	17-05-2000	CA 2217806 A1 JP 2000147292 A US 6393180 B1 EP 1001286 A1	07-04-1999 26-05-2000 21-05-2002 17-05-2000

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Den... Internationale No

PC 03/50174

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 G02B6/12

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 7 G02B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 6 259 847 B1 (SHMULOVICH JOSEPH ET AL) 10 juillet 2001 (2001-07-10)	1-6, 11-14
Y	le document en entier	15-29
Y	RAMASWAMY R V ET AL: "ION-EXCHANGED GLASS WAVEGUIDES: A REVIEW" JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, IEEE. NEW YORK, US, vol. 6, no. 6, 1 juin 1988 (1988-06-01), pages 984-1002, XP000049599 ISSN: 0733-8724 alinéa '00II!	15-29
X	US 5 495 543 A (ALFERNESS RODNEY C ET AL) 27 février 1996 (1996-02-27) abrégé	1
	----- -/--	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

8 juin 2004

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

16/06/2004

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Verbandt, Y

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/03/50174

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 6 058 226 A (STARODUBOV DMITRY) 2 mai 2000 (2000-05-02) revendication 1; figure 6 -----	1,7-11
A	WO 02/16979 A (SABEUS PHOTONICS INC) 28 février 2002 (2002-02-28) abrégé -----	2,3
A	WEBER J-P: "SPECTRAL CHARACTERISTICS BRAGG-REFLECTION TUNABLE OPTICAL FILTER" IEE PROCEEDINGS J. OPTOELECTRONICS, INSTITUTION OF ELECTRICAL ENGINEERS. STEVENAGE, GB, vol. 140, no. 5, PART J, 1 octobre 1993 (1993-10-01), pages 275-284, XP000412788 ISSN: 0267-3932 -----	4
A	US 2001/012423 A1 (PANG LILY Y ET AL) 9 août 2001 (2001-08-09) -----	
A	GERAGHTY D F ET AL: "Gratings photowritten in ion-exchanged glass channel waveguides" ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, vol. 35, no. 7, 1 avril 1999 (1999-04-01), pages 585-587, XP006011975 ISSN: 0013-5194 -----	
A	EP 0 546 961 A (EASTMAN KODAK CO) 16 juin 1993 (1993-06-16) -----	
A	US 5 160 360 A (SEKI MASAFUMI ET AL) 3 novembre 1992 (1992-11-03) -----	
A	EP 1 001 286 A (JDS FITEL INC ; IOT INTEGRIERTE OPTIK GMBH & C (DE)) 17 mai 2000 (2000-05-17) -----	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Derivée Internationale No

PCT/03/50174

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
US 6259847	B1	10-07-2001	AUCUN		
US 5495543	A	27-02-1996	CA	2122327 A1	11-03-1995
			EP	0647861 A1	12-04-1995
			JP	7181310 A	21-07-1995
US 6058226	A	02-05-2000	AUCUN		
WO 0216979	A	28-02-2002	AU	8833601 A	04-03-2002
			CN	1466696 T	07-01-2004
			EP	1325366 A2	09-07-2003
			JP	2004507782 T	11-03-2004
			WO	0216979 A2	28-02-2002
US 2001012423	A1	09-08-2001	US	6236773 B1	22-05-2001
EP 0546961	A	16-06-1993	US	5208882 A	04-05-1993
			EP	0546961 A1	16-06-1993
			JP	5224047 A	03-09-1993
US 5160360	A	03-11-1992	JP	2054520 C	23-05-1996
			JP	3150239 A	26-06-1991
			JP	7091091 B	04-10-1995
EP 1001286	A	17-05-2000	CA	2217806 A1	07-04-1999
			JP	2000147292 A	26-05-2000
			US	6393180 B1	21-05-2002
			EP	1001286 A1	17-05-2000